

SELF-DIAGNOSTIC METHOD FOR ANGULAR SPEED SENSOR

Patent number: JP9218040
Publication date: 1997-08-19
Inventor: MITAMURA TAKESHI
Applicant: NISSAN MOTOR
Classification:
- international: G01C19/56; G01C19/00; G01P9/04; G01P21/00
- european:
Application number: JP19960026896 19960214
Priority number(s): JP19960026896 19960214

Report a data error here

Abstract of JP9218040

PROBLEM TO BE SOLVED: To self-diagnose the vibration system of an angular speed sensor by driving a vibratory mass for a predetermined time and measuring the damping vibration of vibratory mass after stopping the driving. **SOLUTION:** In an angular speed sensor for detecting Coriolis force being generated in the direction of second axis of an orthogonal coordinate system when a vibratory mass is driven in the first axial direction and an angular speed is applied about the third axis, the vibratory mass is driven for a predetermined time and the damping vibration thereof is measured after stopping the driving thus self-diagnosing the vibration system of an angular speed sensor. Consequently, the amplitude and frequency of vibration system can be calculated. For example, the vibration frequency can be determined by measuring the generation time interval of zero-displacement point of vibration mass and the zero-displacement point can be determined based on the output from a C-V converter when the vibratory mass is stopped. Relation between the damping constant and natural angular speed at the time of no damping can be determined from the measurements of vibration frequency.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-218040

(43) 公開日 平成9年(1997)8月19日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 C 19/56		9402-2F	G 0 1 C 19/56	
19/00		9402-2F	19/00	Z
G 0 1 P 9/04			G 0 1 P 9/04	
21/00			21/00	

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-26896

(22) 出願日 平成8年(1996)2月14日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 三田村 健

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74) 代理人 弁理士 中村 純之助 (外1名)

(54) 【発明の名称】 角速度センサの自己診断方法

(57) 【要約】

【課題】 高度の信頼性を有する車両制御用の角速度センサの自己診断方法。

【解決手段】 コントローラ9の制御出力により、AC電源11を所定時間ONして駆動の後OFFにすることにより、振動質量1を減衰振動させ、これから振動系の振動振幅、振動周波数を算出する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】振動質量と、前記振動質量を支持する支持部とを有し、前記振動質量を直交座標系の第1軸方向に駆動し、前記直交座標系の第3軸まわりの角速度が印加された場合に前記直交座標系の第2軸方向に発生するコリオリ力を検出する角速度センサにおいて、前記振動質量を一定時間駆動し、この駆動を停止した後、前記振動質量の減衰振動を測定することにより振動系の診断を行なうことを特徴とする角速度センサの自己診断方法。

【請求項2】前記振動質量の駆動は、前記直交座標系の第1軸方向の振動駆動であることを特徴とする請求項1記載の角速度センサの自己診断方法。

【請求項3】前記振動質量の駆動は、前記直交座標系の第1軸方向の正または負のいずれか一方の静的な力による駆動であることを特徴とする請求項1記載の角速度センサの自己診断方法。

【請求項4】前記振動質量の一定時間の駆動停止後、減衰振動の振幅の積分値から減衰定数を求め、振動系の診断を行なうことを特徴とする請求項1～請求項3の何れかに記載の角速度センサの自己診断方法。

【請求項5】前記振動質量の一定時間の駆動停止後、減衰振動の周波数から振動系の診断を行なうことを特徴とする請求項1～請求項3の何れかに記載の角速度センサの自己診断方法。

【請求項6】前記振動質量の駆動は、静電引力を利用することを特徴とする請求項1～請求項5の何れかに記載の角速度センサの自己診断方法。

【請求項7】前記振動質量の駆動は、圧電効果を利用することを特徴とする請求項1～請求項5の何れかに記載の角速度センサの自己診断方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、駆動状態の振動質量に対して回転運動を与えた場合に、駆動方向と直交方向に発生するコリオリ力を検出し前記回転の角速度を検出する角速度センサに関する。

【0002】**【従来の技術】**

〈従来技術1〉従来の角速度センサとしては、例えば、特開平2-51066号公報に図5に示すような構成を有するものが開示されており、その構成について説明すると、17はエンリバ材等の恒弾性を有する金属を用いて三角柱状に形成された振動子である。振動子17は、固有振動数で振動すると共に支持体20により支持されている。振動子17の一面には駆動用圧電素子18が配置されている。また、振動子17の他の二面には検出用圧電素子19が設置されている。次にこの角速度センサの動作については、駆動用圧電素子18に電圧を印加することにより、振動子17は図5のx軸方向に固有の振

動数により振動する。この振動状態で図5のz軸まわりの角速度 Ω が入力すると、図5のy軸方向にコリオリ力が発生し、振動子17はy軸方向にも振動成分を有するようになる。検出用圧電素子19の出力の差動から、前記y軸方向に対する振動変位、すなわちコリオリ力を求めることにより角速度 Ω を検出するように構成されている。

【0003】図6は、上記角速度の検出用に開示された回路のブロック図である。すなわち振動子17、駆動用圧電素子18及び検出用圧電素子19により構成される振動系は模式図で示されている。駆動用圧電素子18は発振回路21に接続して駆動される。振動子17の駆動振幅は一对の検出用圧電素子19により検出される。検出用圧電素子19の出力は、位相補正回路22に接続され、自励発振のために発振回路21に帰還する。コリオリ力による振動子17の変位は、検出用圧電素子19の出力差として検出され、差動増幅器23により増幅される。差動増幅器23の出力は、同期検波器24により、振動子の振動振幅信号である位相補正回路22の出力と同期検波され直流信号に変換し、直流増幅器25により所定の感度に増幅する。

【0004】〈従来技術2〉また、近年角速度センサの車載側御システムへの応用に関するの潜在需要の高揚により、より小型、軽量で廉価な角速度センサが求められている。この要求に応えるためより半導体プロセスにより実現する角速度センサの研究がなされている。この技術は、IEEE Micro Electro Mechanical Systems, Florida(1993), p143~p148に開示されている。図7(a)はこの半導体角速度センサの構成を示す図、図7(b)は図7(a)のA-A断面を示す図、図8は図7の半導体角速度センサの端子電圧を示すタイムチャートである。

【0005】以下、図7、図8を用いて従来技術2を説明する。従来技術2の振動子は、酸化膜6を有するシリコン基板7上に形成され、振動系は振動質量1及び支持体2により構成されている。振動質量1及び支持体2は結晶シリコンまたはポリシリコン、若しくは鍍金法により堆積した金属により形成されている。支持体2はアンカ部3によりシリコン基板7に固定されると共に、アンカ部3において振動質量1及び支持体2に対して図示しない配線回路により電気的に接続されている。振動質量1の側面には静電引力で駆動するための櫛歯電極5が構成されている。振動質量1の直下には振動質量1のy軸方向の変位を静電容量の変化として検出するための電極8が構成されている。通常、櫛歯電極5の相互間隔及び振動質量1と検出電極8の間隔は数 μ m程度である。

【0006】振動質量1は、静電引力により駆動される。駆動の詳細は引用した前記文献には明示されていないが、図7に示した端子に対しては、例えば、図8のタイムチャートに示す電圧を印加する。すなわち端子cに

は、DCバイアス電圧 V_{bias} に重畳した振動子の固有振動と同じ振動数のAC電圧を印加する。また端子a、端子bは、DCバイアス電圧 V_{bias} に保持する。その結果2つの振動質量1、1は基板面と平行方向すなわちx軸方向に、互いに逆位相で駆動される。この状態で振動質量1及び支持部2により構成される振動系をz軸まわり

(数1)

$$F_c(t) = 2 \cdot m \cdot V_m(t) \cdot \Omega \quad \dots (1)$$

【0008】ここで、 m は振動質量1の質量、 $V_m(t)$ は静電引力により駆動される振動質量1の速度である。各振動質量1、1の速度 $V_m(t)$ はで常時、互いに逆符号であるため、発生するコリオリ力も各振動質量1、1では常に逆符号となる。従って、振動質量1、1と検出電極8間の静電容量値の差動値から角速度 Ω を検出することができる。

【0009】また、(数1)式から明らかなように、発生コリオリ力は駆動速度 $V_m(t)$ に比例するため、通常は振動系の固有振動数で駆動、すなわち、共振状態で駆動する。その場合、振動子周辺の気体によるダンピングの効果を回避し、共振時のQ値(数8式参照)を大きくするため振動子を真空中に保持する。具体的な実装形態は引用文献には明示されていないが、例えば、カンパッケージ等を用いることで真空実装は可能である。

【0010】従来技術2として引用した文献には検出回路が明示していないが、一般的には例えば、図9のように検出回路を構成すればよい。但し、図9には1対の振動質量のうち片方のみを示した。また振動質量1を静電引力で駆動する櫛歯電極5を簡略化して示した。以下、構成を説明する。10は、DCバイアス電圧を発生する電源、11は、AC電源で振動質量1の固有振動と同じ周波数の電圧を発生する。AC電源11の出力はコンデンサ12を介し、抵抗13を介したDCバイアス電源10と接続され、図7(a)における端子cに入力する。従って端子cに印加される電圧は、AC電源11とDCバイアス電源10の和となる。振動質量1はアンカ部3で接地されている。振動振幅は端子aまたは端子bに接続したC-Vコンバータ14を用いて櫛歯電極5の容量値の変化により検出する。C-Vコンバータ14から得られた振動質量1の駆動振幅信号の一部は自励発振と駆動振幅一定制御のためAC電源11に帰還する。コリオリ力による振動質量1の変位は、検出用電極8に接続したC-Vコンバータ14を用いて容量値の変化により検出する。コリオリ力による振動質量の変位は、(数1)式より明らかなように、駆動振幅と同じ周波数で変化するので、検出した駆動振幅を用いて復調器15において同期検出する。同期検出後得られた信号は増幅器26において所定の感度に増幅される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】角速度センサを車両用

の角速度 Ω により回転させると、振動質量1、1にはy軸方向にコリオリ力が発生する。振動質量1、1に発生するコリオリ力は(数1)式で表わされる。

【0007】

【数1】

の制御システムに適用する場合には、小型、軽量、廉価であることとともに、故障率が低く、高度の信頼性を有し、故障を未然に検知できることが特に重要である。上記従来技術1、2は何れも、角速度センサの機能を診断し、故障を未然に検知する、いわゆる自己診断機能を備えてはいない。

【0012】特に、上記従来技術2においては、真空度の低下は、前記共振時のQ値の低下をもたらす角速度センサの感度低下を招く。また、可動する振動質量1と固定された電極との間隔は数 μm 程度であるので、実装工程中等に発生した可動のゴミが、前記間隔に侵入すれば、振動質量1の動作を阻害し角速度の検出を不可能にする。さらに支持体2やアンカ部3にマイクロクラックが発生し動作中に振動系を破壊させる至ることも想定される。本発明は上記問題点を鑑みなされたものであり、角速度センサの機能の診断を行ない、上述のような機能上の不具合を未然に検知する自己診断法を提供するものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決することを目的とする本発明は、振動質量と、前記振動質量を支持する支持部とを有し、前記振動質量を直交座標系の第1軸方向に駆動し、前記直交座標系の第3軸まわりの角速度が印加された場合に、前記直交座標系の第2軸方向に発生するコリオリ力を検出する角速度センサにおいて、前記振動質量を一定時間駆動し、前記一定時間の後駆動を停止し、駆動停止後の振動質量の減衰振動を測定することにより振動系の自己診断を行なう角速度センサの診断方法である。これにより振動系の振動振幅、振動周波数を算出することができる。例えば、振動周波数は、振動質量の0変位点が発生する時間間隔の計測により求められ、また、0変位点は、振動質量停止時のC-Vコンバータの出力から求められる。振動周波数の計測結果から減衰定数と減衰無しの際の固有角速度の関係を求めることができる。

【0014】

【発明の効果】上記本発明に係る自己診断を行なうことにより、角速度センサを用いて予想される故障を未然に検出することができるという効果が得られる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施

の形態を説明する。本実施の形態は、前記従来技術2と同様の構成を有する静電引力で駆動する半導体角速度センサに適用したものを示すが、本実施の形態に限定せず、従来技術1のような圧電素子で駆動される角速度センサにも適用可能である。

【0016】〈実施の形態1〉図1は本発明の実施の形態1の検出回路の構成を示す図である。図1には単体の振動質量1のみによる構成を示した。但し、本発明の主張する効果は、従来技術2のように1対で構成した振動質量1、1の場合であっても同じである。また振動質量1を静電引力で駆動する櫛歯電極5を簡略化して示した。さらに振動質量1の駆動に関する構成のみ示し、コリオリ力による振動質量1の変位を検出する構成部に関しては図面を簡略化したため記載していない。

【0017】以下、本実施の形態の回路を説明する。10はDCバイアス電圧を発生する電源、11はAC電源であって、振動質量1の固有振動と同じ周波数の電圧を発生する。AC電源11はコントローラ9の制御出力によりON-OFFが可能となっている。AC電源11の出力は、コンデンサ12、抵抗13を介したDCバイアス電源と接続され、駆動用の櫛歯電極5に入力する。従って、駆動用の櫛歯電極5に印加される電圧は、AC電源11とDCバイアス電源10の和となる。振動質量1はアンカ部3によって接地されている。振動振幅は、振動振幅検出用の櫛歯電極5に接続したC-Vコンバータ14を用いて、櫛歯電極5の容量値の変化により検出する。C-Vコンバータ14により得られた振動質量の駆動振幅信号の一部は自励発振と駆動振幅一定制御のた

め、AC電源11に帰還する。16は、信号処理回路で、後述するように振動質量1の駆動振幅信号の周波数計測、積分等の信号処理と、コントローラ9との情報伝達のインタフェース機能を有する。コントローラ9はAC電源11のON-OFFのタイミングの制御と信号処理回路16の出力から角速度センサの機能判断を行ない、必要であれば警報を出力する。角速度センサとしては、図1のAで示す点線で囲われた部分によって、信号処理回路16及びコントローラ9を角速度センサとは別のユニットで構成してもよいが、Bで示す点線で囲われた部分の機能を全て包含するようなインテリジェントセンサを構成することも可能である。

【0018】次に本実施の形態による角速度センサによる自己診断手順及びその作用について説明する。コントローラ9の制御出力により、AC電源11は所定時間ONして振動質量1を駆動し、その後出力をOFFにする。その結果、振動質量1は図2に示すように駆動振幅が変化する。すなわち、AC電源11がONの間は、駆動電圧が印加状態にあり、所定の振幅で振動している。しかし電源電圧のOFFにより、駆動力は失われ、その後は周囲の気体とのダンピングや、支持体における振動エネルギーから熱エネルギーへの散逸により、減衰振動を開始し次第にその振幅が減少する。このときの振動質量1の駆動軸方向、すなわちx軸方向の減衰振動は、(数2)式に示すような運動方程式で表される。

【0019】

【数2】

(数2)

$$m \ddot{x} + 2m\gamma \dot{x} + m\omega_0^2 x = 0 \quad \dots (2)$$

ここで

$2m\gamma \dot{x}$: 減衰を表す項

$m\omega_0^2 x$: 支持部による復元力を表す項
を示すものである。

【0020】この方程式から振動質量1の振動振幅及び振動周波数は(数3)式、(数4)式のように表わされる。

(数3)

$$x(t) = X_0 \cdot \exp(-\gamma t) \cdot \cos(\omega t) \quad \dots (3)$$

【0022】

(数4)

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} \quad \dots (4)$$

但し

X_0 : 駆動時の振動質量の振動振幅

ω_0 : 減衰無しの場合の固有角速度

かつ、 \cos の位相差の無いように時間原点を設定

【0021】

【数3】

【数4】

【0023】信号処理回路16ではC-Vコンバータ1

4の出力より振動質量の振動振幅の振動周波数計測及び

積分を行なう。振動周波数計測は、例えば、振動質量の0変位点が発生する時間間隔を計測することにより求められる。0変位点は振動質量の停止時のC-Vコンバータ14の出力により容易に求められる。振動周波数計測より(数4)式から減衰定数と固有角速度の関係を求めることができる。

(数5)

$$I[nT] = \int_{nT}^{(n+1)T} x(t) \cdot dt = \frac{\gamma}{\omega_0^2} \cdot \exp(-\gamma nT) \cdot [1 - \exp(-\gamma T)] \dots\dots (5)$$

【0026】実際には振動振幅はC-Vコンバータ14の出力として計測するので(数5)式の結果に所定係数を乗じたものとなる。積分範囲を決定する振動周波数計測は振動周波数計測により求められる。(数5)式のような1周期間の積分を連続する2つの周期についてそれ

(数6)

$$\ln \left[\frac{I[(n+1)T]}{I[nT]} \right] = -\gamma T \dots\dots (6)$$

【0028】従って(数6)式より減衰定数 γ が求められる。

【0029】結果として、振動振幅をC-Vコンバータを用いて計測し出力より減衰振動の振動周波数及び振動振幅の積分値を求めることにより、(数4)式、(数6)式を用いて振動質量1と支持体2により構成される振動系の減衰定数 γ と、固有角速度 ω_0 を求めることが

(数7)

$$\omega_0 = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}} \dots\dots (7)$$

【0031】従って k 又は m に変化があれば固有角速度の変化として検出できる。

【0032】〈実施の形態1の効果〉角速度センサ、特に半導体角速度センサにおいては以下のような故障モードが想定される。

【0033】1) 経時劣化により実装の真空度が低下、振動系のQ値が低下し、所定の感度を実現できなくなる。

【0034】2) 振動系付近に可動のゴミ等の異物が存在し、これが振動質量に付着、振動系の固有振動数に変

(数8)

$$Q = \frac{2\pi}{\gamma} \sqrt{k \cdot m} \dots\dots (8)$$

【0037】従って、真空度の低下が発生すれば減衰定数の増加として検出される。この変化が所定レベル以上

【0024】減衰振動の n 周期から $(n+1)$ 周期について1周期間、振動質量の振動振幅を積分すると(数5)式ようになる。

【0025】

【数5】

それ行ない、積分値の比の対数を求めると(数6)式のようなになる。

【0027】

【数6】

できる。減衰定数は振動質量と気体とのダンピングや支持体における振動エネルギーから熱エネルギーへの散逸に依存するためこれらに変化があれば直ちに検出が可能である。また、固有角速度は支持体のバネ定数 k 及び振動質量の質量 m と(数7)式のような関係にある。

【0030】

【数7】

化をもたらす効率の良い駆動ができなくなる。さらには前記可動の異物が振動質量等の可動部と固定された櫛歯電極との間に侵入して動作を阻害する。

【0035】3) 経時劣化により支持部やアンカ部にマイクロクラックが発生し、最悪の場合動作中に振動系の破壊に至る。共振状態におけるQ値は(数8)式のように記述され、減衰定数に依存する。

【0036】

【数8】

となれば、コントローラでQ値異常の1)のケースとして判断され警告出力により角速度センサの故障を未然に

検知することができる。2)のケースでは振動質量の質量 m に、3)のケースでは支持体のバネ定数 k に変化が現れるので式(7)により固有角速度の変化として検出することができ、1)のケースと同様に故障を未然に検知することができる。

【0038】また、従来技術1で述べたような金属の振動子を圧電素子で駆動するタイプの角速度センサにおいては、真空実装は必要でないので前述の1)のケースのように真空度の低下による Q 値の減少は発生しない。しかし、図5の支持部20の振動子17の支持状態の変化により Q 値は変化する。例えば落下の際の衝撃により Q 値が低下することがある。また、振動子の腐食またはクラック等によりバネ定数 k 、質量 m が変化することもあり得る。以上のケースにおいても、前述の自己診断手段により、半導体角速度センサと同様に故障を未然に検出することができる。以上、述べたように振動系の減衰振動を計測することにより、振動系の故障を未然に検出することが可能となる。

【0039】次に、本発明の実施の形態2について述べる。大部分の回路構成は実施の形態1と同一であるので、差異のある部分のみ記載する。

〈実施の形態2〉図3は本発明の実施の形態2の検出回路図である。本実施の形態は、コントローラ9によりAC電源11のON-OFFとDCバイアス電源10の制御とON-OFFを行なう。コントローラ9の制御出力によりAC電源のOFF状態でDCバイアス電源10は通常動作時より昇圧され、所定時間ONし、振動質量1を駆動しその後出力をOFFにする。その結果、振動質量1は図4のような駆動振幅変化を示す。すなわち、DCバイアス電源10がONの間はDC駆動電圧が印加状態にあり、所定の振幅に保持されている。しかし電圧のOFFに伴い、DC駆動力は失われ、その後は周囲の気体とのダンピングや支持体における振動エネルギーから熱エネルギーへの散逸により、減衰振動を開始し次第にその振動振幅は減少する。その後の振動質量の挙動は式(3)における駆動振幅 X_0 がDC変位量 X_0' に置き換えられるだけで同一である。

【0040】〈実施の形態2の効果〉実施の形態1と概ね同一の効果が得られる。しかし、DCバイアス電源10がOFFの時点から減衰振動が開始されるため、減衰振動測定における時間原点の設定は実施の形態1よりも

容易である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る角速度センサの実施の形態1の検出回路図である。

【図2】実施の形態1における自己診断中の振動質量の振動振幅の変化を示す特性図である。

【図3】本発明に係る角速度センサの実施の形態2の検出回路図である。

【図4】実施の形態2における自己診断中の振動質量の振動振幅の変化を示す特性図である。

【図5】従来技術1の角速度センサの要部外観を示す斜視図である。

【図6】従来技術1のブロック構成図である。

【図7】従来技術2の半導体角速度センサの構成を示す図(a)、及び図(a)のA-A断面を示す図(b)である。

【図8】従来技術2の半導体角速度センサの端子電圧を示すタイムチャートである。

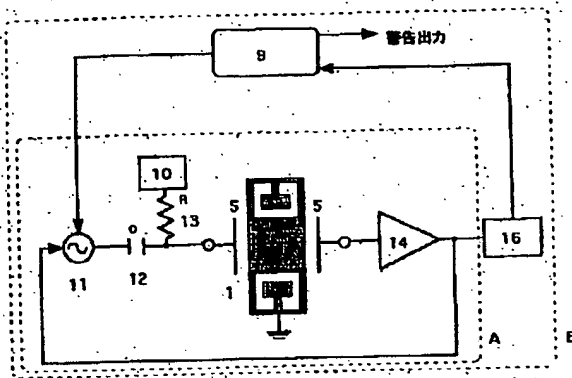
【図9】従来技術2の半導体角速度センサの検出回路のブロック図である。

【符号の説明】

1…振動質量	2…支持体
3…アンカ部	4…検出電極
5…櫛歯電極	6…酸化膜
7…シリコン基板	8…検出電極
9…コントローラ	10…DCバイアス電源
11…AC電源	12…コンデンサ
13…抵抗	14…C-Vコンバータ
15…復調器回路	16…信号処理回路
17…振動子電素子	18…駆動用圧電素子
19…検出用圧電素子	20…支持体
21…発振回路	22…位相補正回路
23…差動増幅器	24…同期検波器
25…直流増幅器	26…増幅器

【図1】

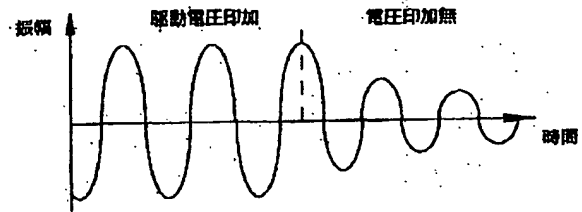
(図1) 本発明の実施の形態1の角速度検出回路図



- 1…振動質量
9…コントローラ
11…AC電源
13…抵抗
16…信号処理回路
- 5…検出電極
10…DCバイアス電源
12…コンデンサ
14…C-Vコンバータ

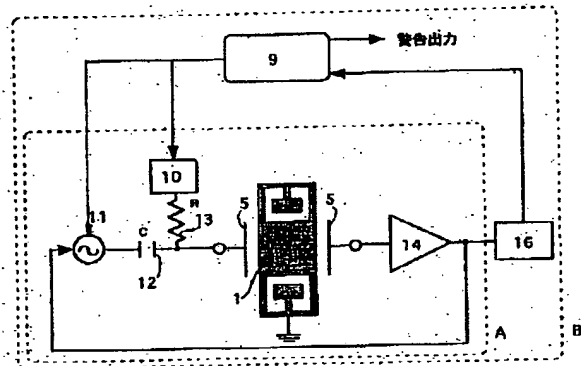
【図2】

(図2) 実施の形態1の振幅変動特性図



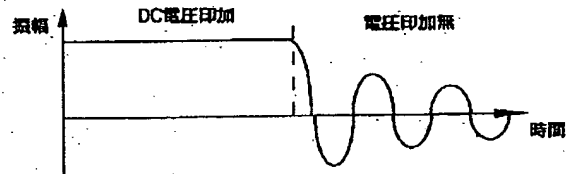
【図3】

(図3) 本発明の実施の形態2の検出回路図



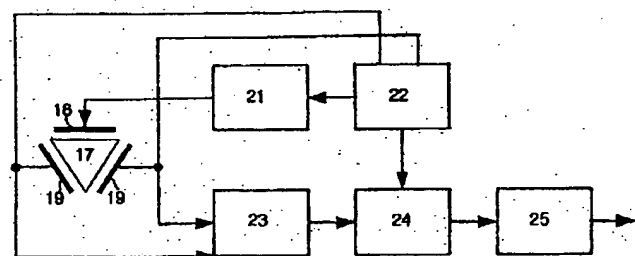
【図4】

(図4) 実施の形態2の振幅変動特性図



【図6】

(図6) 従来技術1のブロック構成図

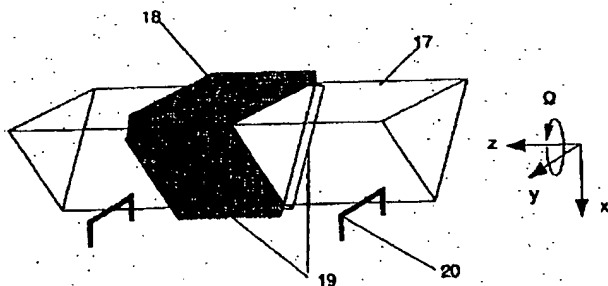


- 21…発振回路
23…差動増幅器
25…直流増幅器

- 22…位相補正回路
24…同期検波器

【図5】

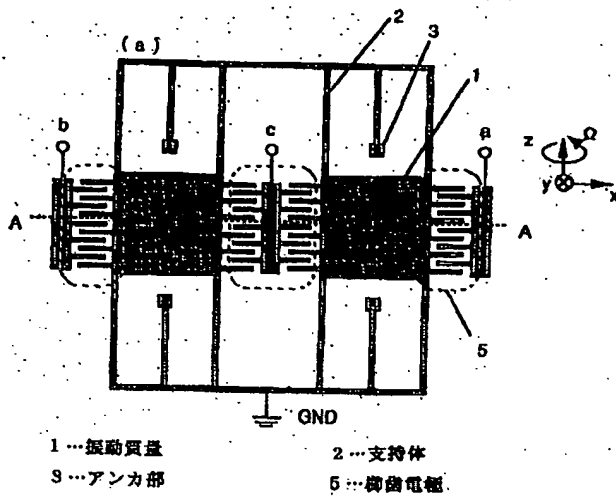
(図5) 従来技術1の要部外観斜視図



- 17…振動子
19…検出用圧電素子
- 18…駆動用圧電素子
20…支持体

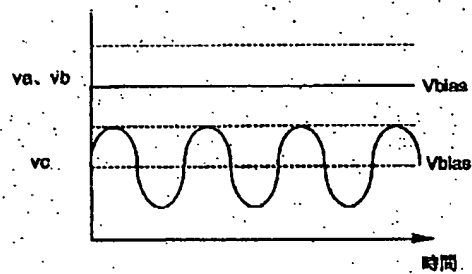
【図7】

(図7) 従来技術2の半導体角速度センサの構成図



【図8】

(図8) 従来技術2の端子電圧のタイムチャート



BEST AVAILABLE COPY

【図9】

(図9) 従来技術2の角速度検出回路のブロック図

